



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of: **AOKI, Tsuyoshi, et al.**

Group Art Unit: **Not Yet Assigned**

Serial No.: **10/804,061**

Examiner: **Not Yet Assigned**

Filed: **March 19, 2004**

For: **OPTICAL FUNCTION DEVICE USING PHOTONIC CRYSTAL, VARIABLE WAVELENGTH OPTICAL FILTER AND VARIABLE WAVELENGTH LIGHT SOURCE**

CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Date: April 29, 2004

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application is hereby requested for the above-identified application, and the priority provided in 35 U.S.C. 119 is hereby claimed:

Japanese Appln. No. 2003-077750, filed March 20, 2003

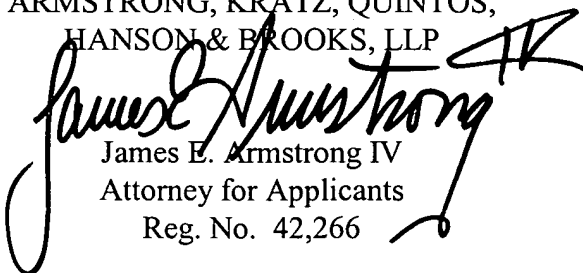
In support of this claim, the requisite certified copy of said original foreign application is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the applicants have complied with the requirements of 35 U.S.C. 119 and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of said certified copy.

In the event that any fees are due in connection with this paper, please charge our Deposit Account No. 01-2340.

Respectfully submitted,

ARMSTRONG, KRATZ, QUINTOS,
HANSON & BROOKS, LLP


James E. Armstrong IV
Attorney for Applicants
Reg. No. 42,266

JAM/rmp
Atty. Docket No. **040141**
Suite 1000
1725 K Street, N.W.
Washington, D.C. 20006
(202) 659-2930



23850

PATENT TRADEMARK OFFICE

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 3月20日
Date of Application:

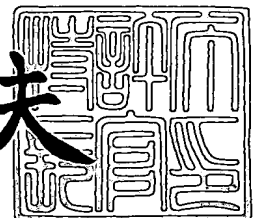
出願番号 特願2003-077750
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP2003-077750]

出願人 富士通株式会社
Applicant(s): 東京大学長

2003年11月26日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2003-3097464

【書類名】 特許願

【整理番号】 0241888

【提出日】 平成15年 3月20日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 5/28

【発明の名称】 光機能素子、波長可変光フィルタ及び波長可変光源

【請求項の数】 10

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 青木 剛

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

【氏名】 栗原 和明

【発明者】

【住所又は居所】 東京都文京区本郷7丁目3番1号 東京大学内

【氏名】 桑原 誠

【特許出願人】

【識別番号】 000005223

【氏名又は名称】 富士通株式会社

【特許出願人】

【識別番号】 391012327

【氏名又は名称】 東京大学長

【代理人】

【識別番号】 100091340

【弁理士】

【氏名又は名称】 高橋 敬四郎

【電話番号】 03-3832-8095

【選任した代理人】

【識別番号】 100105887

【弁理士】

【氏名又は名称】 来山 幹雄

【電話番号】 03-3832-8095

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 009852

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9705794

【包括委任状番号】 0109607

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光機能素子、波長可変光フィルタ及び波長可変光源

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 1次元または2次元方向に強誘電体材料からなる強誘電体部材が周期的に配置されたフォトリック結晶を含むコア層と、
前記コア層に電界を印加するための電極と
を有する光機能素子。

【請求項 2】 前記コア層内の前記強誘電体部材の分極軸が厚さ方向に立っている請求項 1 に記載の光機能素子。

【請求項 3】 さらに、前記コア層を挟むように、該コア層の両側に配置され、該コア層の有効屈折率よりも小さな有効屈折率のクラッド層を有する請求項 1 または 2 に記載の光機能素子。

【請求項 4】 前記クラッド層が、相互に屈折率の異なる領域が周期的に配置された周期構造を有する請求項 3 に記載の光機能素子。

【請求項 5】 第 1 の光フィルタと、
前記第 1 の光フィルタを透過したレーザビームが入射する第 2 の光フィルタと
を有し、

前記第 1 の光フィルタ及び第 2 の光フィルタの各々は、
1次元または2次元方向に、強誘電体材料からなる強誘電体部材が周期的に配置されたフォトリック結晶を含むコア層と、
前記コア層に電界を印加する電極と
を含み、

前記第 1 及び第 2 の光フィルタのフォトリック結晶のバンドギャップが、ある波長間隔を隔てて相互に離れている波長可変光フィルタ。

【請求項 6】 第 1 の波長から第 2 の波長までの範囲内に波長が分布するレーザビームを出射するレーザ発振器と、

前記レーザ発振器から出射されたレーザビームが入射する第 1 の光フィルタと、
前記第 1 の光フィルタを透過したレーザビームが入射する第 2 の光フィルタと

を有し、

前記第 1 の光フィルタ及び第 2 の光フィルタの各々は、

1 次元または 2 次元方向に強誘電体材料からなる強誘電体部材が周期的に配置されたフォトリック結晶を含むコア層と、

前記コア層に電界を印加する電極と
を含み、

前記第 1 及び第 2 の光フィルタのフォトリック結晶のバンドギャップが、前記第 1 の波長から第 2 の波長までの範囲と部分的に重なり、相互にある波長間隔を隔てて離れている波長可変光源。

【請求項 7】 1 次元または 2 次元方向に周期的に配置された第 1 の部材、及び該第 1 の部材の間を埋める第 2 の部材を含み、フォトリック結晶を構成し、該第 1 の部材及び第 2 の部材の少なくとも一方は、電界の発生により屈折率を変化させる性質を有する材料で形成されているコア層と、

前記コア層に電界を印加するための電極と
を有する光機能素子。

【請求項 8】 さらに、前記コア層を挟むように、該コア層の両側に配置され、該コア層の有効屈折率よりも小さな有効屈折率のクラッド層を有する請求項 7 に記載の光機能素子。

【請求項 9】 第 1 の光フィルタと、

前記第 1 の光フィルタを透過したレーザビームが入射する第 2 の光フィルタと
を有し、

前記第 1 の光フィルタ及び第 2 の光フィルタの各々は、
1 次元または 2 次元方向に周期的に配置された第 1 の部材、及び該第 1 の部材の間を埋める充填材を含み、フォトリック結晶を構成し、該第 1 の部材及び第 2 の部材の少なくとも一方は、電界の発生により屈折率を変化させる性質を有する材料で形成されているコア層と、

前記コア層に電界を印加するための電極と
を含み、

前記第 1 及び第 2 の光フィルタのフォトリック結晶のバンドギャップが、ある

波長間隔を隔てて相互に離れている波長可変光フィルタ。

【請求項 1 0】 第 1 の波長から第 2 の波長までの範囲内に波長が分布するレーザビームを出射するレーザ発振器と、

前記レーザ発振器から出射されたレーザビームが入射する第 1 の光フィルタと

、
前記第 1 の光フィルタを透過したレーザビームが入射する第 2 の光フィルタとを有し、

前記第 1 の光フィルタ及び第 2 の光フィルタの各々は、

1 次元または 2 次元方向に周期的に配置された第 1 の部材、及び該第 1 の部材の間を埋める充填材を含み、フォトリソグラフィを構成し、該第 1 の部材及び第 2 の部材の少なくとも一方は、電界の発生により屈折率を変化させる性質を有する材料で形成されているコア層と、

前記コア層に電界を印加するための電極とを含み、

前記第 1 及び第 2 の光フィルタのフォトリソグラフィのバンドギャップが、前記第 1 の波長から第 2 の波長までの範囲と部分的に重なり、相互にある波長間隔を隔てて離れている波長可変光源。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、フォトリソグラフィを用いた光機能素子、波長可変光フィルタ及び波長可変光源に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

近年のインターネットの爆発的な普及に伴い、基幹通信網を支える伝送装置のチャネル数は増加の一途をたどっている。波長分割多重（WDM）方式の波長帯域の拡大及び信号波長間隔の短縮化が望まれている。WDM通信方式のレーザ光源として、相互に発振波長が異なる複数の半導体レーザを並列に配置したものが用いられる。

【0 0 0 3】

波長選択性を持たないレーザ発振器と波長可変光フィルタとを組み合わせることにより、波長可変レーザ光源を構成することができる。波長可変光フィルタは、例えば、一对の反射鏡の間隔を変えることができるファブリペロー共振器で実現することができる。

【0 0 0 4】**【特許文献 1】**

特開平 3 - 2 8 6 5 8 7 号公報

【0 0 0 5】**【発明が解決しようとする課題】**

複数の半導体レーザを並列に配置する方式では、装置が大型になってしまい、小型化を図ることが困難である。また、ファブリペロー共振器で波長可変光フィルタを実現する方式では、反射鏡を機械的に移動させる必要があるため、波長選択の高速化を図ることが困難である。

【0 0 0 6】

本発明の目的は、小型化及び波長選択の高速化を図ることが可能な光機能素子、波長可変光フィルタ及び波長可変光源を提供することである。

【0 0 0 7】**【課題を解決するための手段】**

本発明の一観点によると、1次元または2次元方向に強誘電体材料からなる強誘電体部材が周期的に配置されたフォトリック結晶を含むコア層と、前記コア層に電界を印加するための電極とを有する光機能素子が提供される。

【0 0 0 8】

コア層に電界を印加すると、強誘電体部材の屈折率が変化する。これにより、フォトリック結晶のフォトリックバンド構造が変化する。

本発明の他の観点によると、第1の光フィルタと、前記第1の光フィルタを透過したレーザビームが入射する第2の光フィルタとを有し、前記第1の光フィルタ及び第2の光フィルタの各々は、1次元または2次元方向に、強誘電体材料からなる強誘電体部材が周期的に配置されたフォトリック結晶を含むコア層と、前

記コア層に電界を印加する電極とを含み、前記第1及び第2の光フィルタのフォトリック結晶のバンドギャップが、ある波長間隔を隔てて相互に離れている波長可変光フィルタが提供される。

【0009】

コア層に電界を印加することにより、第1の光フィルタ及び第2の光フィルタのフォトリック結晶のバンドギャップをシフトさせることができる。第1及び第2の光フィルタのバンドギャップの間の波長の光が、直列に配置された2つの光フィルタを透過する。電界を制御することにより、透過する光の波長を変えることができる。

【0010】

本発明の他の観点によると、1次元または2次元方向に周期的に配置された第1の部材、及び該第1の部材の間を埋める第2の部材を含み、フォトリック結晶を構成し、該第1の部材及び第2の部材の少なくとも一方は、電界の発生により屈折率を変化させる性質を有する材料で形成されているコア層と、前記コア層に電界を印加するための電極とを有する光機能素子が提供される。

【0011】

コア層に電界を印加すると、第1の部材及び第2の部材の少なくとも一方の屈折率が変化する。これにより、フォトリック結晶のフォトリックバンド構造が変化する。

【0012】

本発明の他の観点によると、第1の光フィルタと、前記第1の光フィルタを透過したレーザビームが入射する第2の光フィルタとを有し、前記第1の光フィルタ及び第2の光フィルタの各々は、1次元または2次元方向に周期的に配置された第1の部材、及び該第1の部材の間を埋める充填材を含み、フォトリック結晶を構成し、該第1の部材及び第2の部材の少なくとも一方は、電界の発生により屈折率を変化させる性質を有する材料で形成されているコア層と、前記コア層に電界を印加するための電極とを含み、前記第1及び第2の光フィルタのフォトリック結晶のバンドギャップが、ある波長間隔を隔てて相互に離れている波長可変光フィルタが提供される。

【0013】

コア層に電界を印加することにより、第1の光フィルタ及び第2の光フィルタのフォトニック結晶のバンドギャップをシフトさせることができる。第1及び第2の光フィルタのバンドギャップの間の波長の光が、直列に配置された2つの光フィルタを透過する。電界を制御することにより、透過する光の波長を変えることができる。

【0014】

【発明の実施の形態】

図1に、本発明の第1の実施例による光機能素子の断面図を示す。(001)面が露出した SrTiO_3 (STO) の単結晶基板1の上に、厚さ200nmの下部電極2が形成されている。単結晶基板1として、 LaAlO_3 や MgO 等の単結晶酸化物基板を用いてもよい。下部電極2は、例えば白金(Pt)等の金属または SrRuO_3 (SRO) 等の導電性酸化物で形成される。

【0015】

下部電極2の上に、 MgO からなる厚さ1 μm の下部クラッド層3が形成されている。下部クラッド層3の上に厚さ2 μm のコア層10が形成されている。コア層10は、強誘電体材料からなる強誘電体柱4及び充填材5により構成される。強誘電体柱4は、円柱状の形状を有し、下部クラッド層3の表面の2次元方向に周期的に配置されている。例えば、面内を隙間無く覆う正三角形の頂点(三角格子の交点)に対応する位置に配置される。強誘電体材料として、例えば(Pb, La)(Zr, Ti) O_3 (PLZT (9/65/35)) 等を使用することができる。充填材5は、例えば TiO_2 で形成され、強誘電体柱4の間に充填されている。

【0016】

コア層10の上に、 MgO からなる厚さ1 μm の上部クラッド層6が形成されている。上部クラッド層6の上に、Pt等の金属またはSRO等の導電性酸化物からなる厚さ200nmの上部電極7が形成されている。コア層10の有効屈折率は、下部クラッド層3及び上部クラッド層6の屈折率よりも高い。

【0017】

図 2 (A) ~ 2 (D) を参照して、第 1 の実施例による光機能素子の製造方法を説明する。

図 2 (A) に示すように、(0 0 1) 面が表出した S T O からなる基板 1 の上に、P t または S R O 等からなる厚さ 2 0 0 n m の下部電極 2 を、スパッタリングにより形成する。下部電極 2 の上に、M g O からなる厚さ 1 μ m の下部クラッド層 3 をスパッタリングにより形成する。

【0 0 1 8】

図 2 (B) に示すように、下部クラッド層 3 の上に、厚さ 2 μ m のレジストパターン 2 0 を形成する。レジストパターン 2 0 は、電子ビーム露光用のレジストを塗布し、電子ビーム直接描画及び現像を行うことにより形成される。レジストパターン 2 0 には、図 1 に示した強誘電体柱 4 に対応する貫通孔が設けられている。レジストパターン 2 0 に設けられた貫通孔内に、P L Z T ゼル前駆体溶液を充填し、乾燥させることにより P L Z T 前駆体 4 a を得る。

【0 0 1 9】

図 2 (C) に示すように、レジストパターン 2 0 を除去する。P L Z T 前駆体 4 a を焼成することにより、P L Z T の単結晶からなる高さ 2 μ m の強誘電体柱 4 を形成する。

【0 0 2 0】

なお、高さ 2 μ m の強誘電体柱 4 を単結晶化することが困難な場合には、レジストパターンの形成から、P L Z T ゼル前駆体溶液の充填、レジストパターンの除去、及び焼成までの工程を、複数回に分けて実行することが好ましい。

【0 0 2 1】

例えば、まず、厚さ 6 0 0 n m のレジストパターンを形成し、P L Z T ゼル前駆体溶液の充填、レジストパターンの除去、及び焼成を行うことにより、高さ 6 0 0 n m の強誘電体柱を形成する。P L Z T からなる強誘電体柱の高さが 6 0 0 n m であれば、7 2 5 $^{\circ}$ C で 1 0 分間の焼成を行うことにより、下地の下部クラッド層 3 の上に P L Z T 結晶をエピタキシャル成長させることができる。この工程を 3 回繰り返すと、高さ 1 . 8 μ m の単結晶の強誘電体柱が得られる。

【0 0 2 2】

なお、2 回目形成するレジストパターンの厚さは 1 2 0 0 n m とし、3 回目形成するレジストパターンの厚さは 1 8 0 0 n m とする。すなわち、形成されている強誘電体柱の上面からレジストパターンの上面までの厚さが 6 0 0 n m になるようにする。強誘電体柱の影響を受けてレジスト膜の上面に凹凸が残る場合には、露光前に表面の平坦化を行う。

【 0 0 2 3 】

その後、厚さ 2 μ m のレジストパターンを形成し、高さ 0 . 2 μ m の強誘電体柱を積み上げることにより、高さ 2 μ m の単結晶の強誘電体柱 4 が形成される。なお、レジストパターンに形成する貫通孔は、すべて同じ位置に形成される。

【 0 0 2 4 】

図 3 (A) 及び (B) にレジストパターンの走査型電子顕微鏡 (S E M) 写真を示し、図 3 (C) 及び (D) に、実際に作製した強誘電体柱 4 の S E M 写真を示す。図 3 (A) は平面写真であり、図 3 (B) は断面写真であり、図 3 (C) 及び図 3 (D) は、基板表面を斜めから撮影した写真である。強誘電体柱の高さは約 6 0 0 n m であり、太さは 3 0 0 n m である。図 3 (A) の平面写真において近接する 3 つの強誘電体柱の中心を結んで画定される正三角形の一辺の長さは、約 6 0 0 n m である。多数の強誘電体柱が周期的に配置されていることが分かる。

【 0 0 2 5 】

図 2 (D) に示すように、強誘電体柱 4 の間に S T O 等からなる充填材 5 を充填する。充填材 5 は、例えばスパッタリングにより S T O 膜を堆積させた後、余分な部分の S T O 膜を化学機械研磨 (C M P) で取り除くことにより形成される。これにより、強誘電体柱 4 の上面と充填材 5 の上面とが平坦になり、充填材 5 の中に強誘電体柱 4 が周期的に分布したコア層 1 0 が形成される。

【 0 0 2 6 】

図 1 に示したように、コア層 1 0 の上に、M g O からなる厚さ 1 μ m の上部クラッド層 6 をスパッタリングにより形成する。さらに、その上に、P t や S R O 等からなる厚さ 2 0 0 n m の上部電極 7 をスパッタリングにより形成する。

【 0 0 2 7 】

上記第 1 の実施例による光機能素子のコア層 1 0 は、フォトニック結晶として機能する。フォトニック結晶は、フォトニックバンド構造を有し、そのバンドギャップ内の波長の光を透過させない。バンドギャップは、強誘電体柱 4 及び充填材 5 の屈折率、及び周期的に配置された強誘電体柱 4 の配列周期に依存する。

【 0 0 2 8 】

図 4 に、P L Z T の屈折率及び誘電率の変化量と、印加電圧との関係を示す。横軸は印加電圧を単位「V」で表し、縦軸は物理量の変化量を単位「%」で表す。印加電圧は、P L Z T からなる高さ $2 \mu\text{m}$ の強誘電体柱の両端面の間に印加される電圧を意味する。電圧の印加により、強誘電体柱の高さ方向の電界が発生し、電気光学効果により屈折率が変化する。図中の Δn 及び $\Delta \epsilon$ で示された記号が、それぞれ屈折率及び誘電率の変化量を示す。

【 0 0 2 9 】

屈折率の変化量は、Journal of the American Ceramic Society Vol.54, No.1, Page 1, Hot-Pressed (Pb,La)(Zr,Ti)O₃ Ferroelectric Ceramics for Electrooptic Applications, G. H. HAERTLING AND C. E. LAND に記載されている計算式を用いて計算した結果である。

【 0 0 3 0 】

図 4 に示すように、印加電圧を大きくするに従って、屈折率及び誘電率が低下することが分かる。図 1 に示した強誘電体柱 4 の屈折率が変化すると、コア層 1 0 のバンドギャップが変位（シフト）する。すなわち、コア層 1 0 を透過できない光の波長域が変化する。屈折率変化量を大きくするために、強誘電体柱の高さ方向（コア層 1 0 の厚さ方向）を分極軸（c 軸）とするように配向した P L Z T で、強誘電体柱を形成することが好ましい。

【 0 0 3 1 】

図 5（A）及び（B）に、それぞれ T E モード及び T M モードの光に対するフォトニックバンド構造を示す。図 5（B）の右に示された正六角形は、2 次元三角格子の逆格子空間のブリルアンゾーンを表す。ブリルアンゾーンの Γ 、M、及び K は、図 5（A）及び（B）の横軸の Γ 、M、及び K に対応する。なお、ブリルアンゾーンの他界とのポイントである M 及び K は、それぞれ J 及び X で表され

る場合もある。図 5 (A) 及び (B) の縦軸は、周期で規格化した周波数 ($\omega a / 2 \pi c$) を表す。ここで、 a は柱状構造体の配列周期を表し、 c は光速を表す。

【0 0 3 2】

図中の実線は、電圧無印加時におけるバンド構造を示し、破線は印加電圧が 1 0 V の時のバンド構造を示す。なお、P L Z T からなる強誘電体柱 4 の直径を 3 0 0 n m、三角格子の周期を 6 0 0 n m とした場合のバンド構造が示されている。

【0 0 3 3】

光を Γ - M 方向に伝搬させたとき、期待される第 1 番目のバンドギャップを波長に換算した結果を以下に説明する。T E モードの光に対しては、電圧無印加時のバンドギャップが 1 2 3 3 n m ~ 1 3 4 5 n m であり、1 0 V の電圧を印加した時のバンドギャップが 1 1 9 9 n m ~ 1 3 2 7 n m である。T M モードの光に対しては、電圧無印加時のバンドギャップが 1 3 0 8 n m ~ 1 9 1 8 n m であり、1 0 V の電圧を印加した時のバンドギャップが 1 2 6 1 n m ~ 1 7 9 9 n m である。このように、印加電圧を変えることにより、バンドギャップを変化させることができる。図 1 に示した第 1 の光機能素子の下部電極 2 と上部電極 7 とに電圧を印加することにより、強誘電体柱 4 の屈折率を変化させることができる。

【0 0 3 4】

第 1 の実施例による光機能素子の端面からコア層 1 0 に光を入射させると、有効屈折率の高いコア層 1 0 に沿って光が伝搬する。この光のうちコア層 1 0 のバンドギャップ内の波長成分はコア層 1 0 内を伝搬することができない。このため、反対側の端面からは、バンドギャップの範囲外の波長の光のみが出射される。バンドギャップを変化させることにより、出射される光のスペクトルが変化する。すなわち、第 1 の実施例による光機能素子は、波長可変光フィルタとして働く。

【0 0 3 5】

図 6 に、第 2 の実施例による光機能素子の断面図を示す。基板 1、下部電極 2、及び上部電極 7 の構成は、第 1 の実施例のこれらの構成と同様である。第 1 の

実施例では、図 1 に示したように、下部クラッド層 3 及び上部クラッド層 6 の各々が、単一の誘電体材料からなる層であったが、第 2 の実施例では、下部クラッド層 3 及び上部クラッド層 6 が、コア層 1 0 と同様に、屈折率分布が周期的に変化する周期構造とされている。

【 0 0 3 6 】

図 6 に示すように、P L Z T からなる強誘電体柱 1 1 が下部クラッド層 3、コア層 1 0、及び上部クラッド層 6 の 3 層を貫通している。強誘電体柱 1 1 は、第 1 の実施例の場合と同様に、面内において三角格子の交点に配置されている。

【 0 0 3 7 】

強誘電体柱 1 1 の間に、下部充填材 1 2、コア層充填材 1 3、及び上部充填材 1 4 が充填されている。下部充填材 1 2、コア層充填材 1 3、及び上部充填材 1 4 は、それぞれ下部クラッド層 3、コア層 1 0、及び上部クラッド層 6 内に配置されている。下部クラッド層 3 内の充填材 1 2 及び上部クラッド層 6 内の充填材 1 4 は、S i O₂ で形成される。コア層 1 0 内の充填材 1 3 は、M g O で形成される。M g O の屈折率が S i O₂ の屈折率よりも高いため、コア層 1 0 の有効屈折率が、下部クラッド層 3 及び上部クラッド層 6 の有効屈折率よりも高くなる。

【 0 0 3 8 】

図 7 及び図 8 を参照して、第 2 の実施例による光機能素子の製造方法を説明する。

図 7 (A) に示すように、基板 1 の上に下部電極 2 を形成する。下部電極 2 の上に、厚さ 4 μ m の P L Z T 膜 1 1 a を、スパッタリング、パルスレーザ蒸着、ゾルゲル法、有機金属化学気相成長 (M O C V D) 等により形成する。

【 0 0 3 9 】

図 7 (B) に示すように、P L Z T 膜 1 1 a の上に、電子ビームを用いた直接描画により、レジストパターン 2 1 を形成する。レジストパターン 2 1 は、図 6 の強誘電体柱 1 1 に対応するパターンを有する。レジストパターン 2 1 をエッチングマスクとし、エッチングガスとして C F₄、S F₆ 等を用いて P L Z T 膜 1 1 a をドライエッチングする。

【 0 0 4 0 】

図7 (C) に示すように、円柱状の強誘電体柱11が残る。その後、レジストパターン21を除去する。

図8 (D) に示すように、 SiO_2 の前駆体溶液をスピコートし、強誘電体柱11の間に、 SiO_2 からなる下部充填材12を充填する。図8 (E) に示すように、 MgO の前駆体溶液をスピコートし、強誘電体柱11の間に、 MgO からなるコア層充填材13を充填する。図8 (F) に示すように、 SiO_2 の前駆体溶液をスピコートし、強誘電体柱11の間に、 SiO_2 からなる上部充填材14を充填する。上部充填材14の上面と強誘電体柱11の上面との高さが揃い、平坦な上面が形成されるように、充填材の充填量及びスピコート時の基板の回転数を制御する。

【0041】

図6に示すように、強誘電体柱11及び上部充填材14の上に、上部電極7を形成する。

第2の実施例の光機能素子も、第1の実施例の場合と同様に、波長可変光フィルタとして使用することができる。

【0042】

図9に、第3の実施例による光機能素子の断面図を示す。基板1の上に、厚さ200nmの下部電極2が形成されている。下部電極2の上に、複数の円柱状部材25が配置されている。円柱状部材25は、図1に示した第1の実施例の光機能素子の強誘電体柱4と同様に、三角格子の交点に配置されている。

【0043】

円柱状部材25の各々は、基板側から順番に MgO からなる厚さ1 μm の下部クラッド材22、PLZTからなる厚さ2 μm の強誘電体部材23、 MgO からなる厚さ1 μm の上部クラッド材24、及び厚さ200nmの上部電極7がこの順番に積層された4層構造を有する。円柱状部材25の間には、例えば空気が満たされている。

【0044】

周期的に分布する下部クラッド材22と空気とにより、下部クラッド層3が構成される。同様に、強誘電体部材23と空気とによりコア層10が構成され、上

部クラッド材 24 と空気とにより上部クラッド層 6 が構成される。離散的に分布する上部電極 7 同士は、例えば Pt 膜 26 により相互に電氣的に接続される。

【0045】

コア層 10 の有効屈折率は、下部クラッド層 3 及び上部クラッド層 6 の有効屈折率よりも高い。

図 10 (A) ~ (C) を参照して、第 3 の実施例による光機能素子の製造方法について説明する。

【0046】

図 10 (A) に示すように、STO 基板 1 の上に、下部電極 2 を形成する。下部電極 2 の上に、MgO 層 22a、PLZT 層 23a、及び MgO 層 24a を形成する。これらの層は、スパッタリング、パルスレーザ蒸着、ゾルゲル法、MOCVD 等により堆積される。MgO 層 24a の上にスパッタリングにより Pt 層 7a を形成する。

【0047】

図 10 (B) に示すように、Pt 層 7a の上にレジストパターン 30 を形成する。レジストパターン 30 は、図 9 に示した円柱状部材 25 のパターンに対応する。なお、レジストパターン 30 は、例えば電子ビーム直接描画により形成することができる。

【0048】

レジストパターン 30 をエッチングマスクとして、Pt 層 7a から下部電極 2 の上面までエッチングする。エッチングガスとして、例えば CF₄、SF₆ 等を用いることができる。エッチング後、レジストパターン 30 を除去する。

【0049】

図 10 (C) に示すように、MgO 層 22a の一部からなる下部クラッド材 2、PLZT 層 23a の一部からなる強誘電体部材 23、MgO 層 24a の一部からなる上部クラッド材 24、及び Pt 層 7a の一部からなる上部電極 7 が積層された円柱状部材 25 が残る。

【0050】

円柱状部材 25 を埋め込むように厚さ 10 μ m のレジスト膜を形成する。レジ

スト膜の表面を、研磨により平坦化した後、円柱状部材 25 に対応する部分に開口を形成し、円柱状部材 25 の上面を露出させる。その後、無電解めっきまたはスパッタリング等により、レジスト膜の開口内に充填されるように、Pt 膜を形成する。

【0051】

その後、レジスト膜を除去する。図 9 に示したように、円柱状部材 25 の各々から上方に延びた柱状部分と、これら柱状部分をその上端において相互に接続する膜状部分とを有する Pt 膜 26 が形成される。

【0052】

第 3 の実施例による光機能素子も、第 1 の実施例の場合と同様に、波長可変光フィルタとして使用することができる。

図 11 に、第 4 の実施例による光機能素子の断面図を示す。STO 基板 1 の上に下部電極 2 が形成されている。下部電極 2 の上に複数の円柱状部材 35 が配置されている。円柱状部材 35 は、MgO からなる厚さ $1\ \mu\text{m}$ の下部クラッド材 32、PLZT からなる厚さ $2\ \mu\text{m}$ の強誘電体部材 33、及び MgO からなる厚さ $1\ \mu\text{m}$ の上部クラッド部材 34 の 3 層構造を有する。また、図 9 の円柱状部材 25 と同様に、円柱状部材 35 も、三角格子の交点に配置されている。

【0053】

円柱状部材 35 の間に充填材が充填されている。この充填材は、 SiO_2 からなる厚さ $1\ \mu\text{m}$ の下部充填材 36、MgO からなる厚さ $2\ \mu\text{m}$ のコア層充填材 37、及び SiO_2 からなる厚さ $1\ \mu\text{m}$ の上部充填材 38 の 3 層構造を有する。

【0054】

下部クラッド材 32 と下部充填材 36 とにより下部クラッド層 3 が構成される。強誘電体部材 33 とコア層充填材 37 とによりコア層 10 が構成される。上部クラッド材 34 と上部充填材 38 とにより上部クラッド層 6 が構成される。コア層 10 の有効屈折率は、下部クラッド層 3 及び上部クラッド層 6 の有効屈折率よりも高い。円柱状部材 35 及び上部充填材 38 の上に、上部電極 7 が形成されている。

【0055】

図12 (A) ~ (C) を参照して、第4の実施例による光機能素子の製造方法について説明する。

図12 (A) に示すように、基板1の上に下部電極2を形成し、その上に円柱状部材35を形成する。円柱状部材35は、図10 (A) ~ (C) に示した第3の実施例による円柱状部材25と同様の方法で形成することができる。ただし、第4の実施例の場合には、第3の実施例の円柱状部材25の最上層の上部電極7が形成されない。円柱状部材35の間にMgOからなる下部充填材36を充填する。

【0056】

図12 (B) に示すように、さらに、円柱状部材35の間にコア層充填材37を充填する。図12 (C) に示すように、さらに、円柱状部材35の間に上部充填材38を充填する。これらの充填材は、図8 (D) ~ (F) に示した第2の実施例による充填材の充填方法と同様の方法で充填することができる。

【0057】

図11に示すように、円柱状部材35及び上部充填材38の上に、上部電極7を形成する。

第4の実施例の光機能素子も、第1の実施例の場合と同様に、波長可変光フィルタとして使用することができる。

【0058】

上記第1~第4の実施例では、電圧印加（電界の発生）によって屈折率の変化する強誘電体材料としてPLZTを用いたが、他の電気光学効果を有する材料を用いてもよい。このような材料として、正方晶系の KH_2PO_4 (KDP)、イルメナイト系の LiNbO_3 、 LiTaO_3 、ペロブスカイト系の BaTiO_3 、 $\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$ (PZT)、 $(\text{Pb}, \text{La})\text{TiO}_3$ (PLT)、タンゲステンブロンズ系の $(\text{Sr}, \text{Ba})\text{Nb}_2\text{O}_6$ (SBN) 等が挙げられる。

【0059】

また、下部クラッド層3や上部クラッド層6の材料として、MgO、STO、 SiO_2 等を用いたが、他の透明誘電体材料を用いてもよい。また、クラッド層の材料を、上述の強誘電体材料から選択してもよい。例えば、図11に示した第

4 の実施例による光機能素子の下部クラッド材 3 2 及び上部クラッド材 3 4 を、コア層 1 0 の強誘電体部材 3 3 よりも屈折率の低い強誘電体材料で形成してもよい。

【 0 0 6 0 】

コア層の材料と、上下のクラッド層の材料とは、コア層の有効屈折率がクラッド層の有効屈折率よりも高くなるように選択する必要がある。このような材料の組み合わせにすることにより、コア層内に光を閉じ込めることができる。

【 0 0 6 1 】

また、上記第 1 ～ 第 4 の実施例では、円柱状部材が三角格子の交点に配置されたフォトニック結晶でコア層を構成した。円柱状部材の代わりに、四角柱、三角柱、楕円柱等の形状の部材を配置してもよい。また、配置パターンは三角格子に限らない。その他の周期的な 2 次元パターンにしてもよい。例えば、2 次元正方格子、2 次元蜂の巣格子のようなパターンにしてもよい。また、配置パターンを 1 次元方向に周期構造を持ったパターンにしてもよい。例えば、円柱または円孔等が 1 列に配列した周期構造とし、その配列方向に光を伝搬させてもよい。

【 0 0 6 2 】

図 1 3 (A) に、第 5 の実施例による波長可変光源の概略斜視図を示し、図 1 3 (B) に、その概略平断面図を示す。

第 5 の実施例による波長可変光源は、レーザ光源 4 0、第 1 の波長可変光フィルタ 4 1、及び第 2 の波長可変光フィルタ 4 2 を含んで構成される。第 1 及び第 2 の波長可変光フィルタ 4 1 及び 4 2 は、上記第 1 ～ 第 4 の実施例による光機能素子と同様の構成を有する。なお、2 つの波長可変光フィルタは、同一の基板 1 の上に形成される。レーザ光源 4 0 は、例えば半導体レーザで構成される。

【 0 0 6 3 】

レーザ光源 4 0 から出射されたレーザビームが、第 1 の波長可変光フィルタ 4 1 に入射する。第 1 の波長可変光フィルタ 4 1 に入射したレーザビームは、その内部を伝搬し、その後第 2 の波長可変光フィルタ 4 2 内を伝搬して、外部に出射する。

【 0 0 6 4 】

下部電極 2 が接地されている。可変電圧源 43 がスイッチ 44 を介して第 1 の波長可変光フィルタ 41 の上部電極 7A に電圧を印加する。他の可変電圧源 45 がスイッチ 46 を介して第 2 の波長可変光フィルタ 42 の上部電極 7B に電圧を印加する。スイッチ 44 及び 46 は、例えばトランジスタで構成される。

【0065】

第 1 の波長可変光フィルタ 41 のコア層 10 を構成するフォトニック結晶の屈折率分布の周期と、第 2 の波長可変光フィルタ 42 のコア層 10 を構成するフォトニック結晶の屈折率分布の周期とは、相互に異なる。このため、両者のバンドギャップも異なる。

【0066】

図 13 (B) の下図に、レーザ光源 40 から出射して第 1 及び第 2 の波長可変光フィルタ 41 及び 42 内を伝搬するレーザビームのスペクトルを示す。横軸はレーザビームの伝搬方向に対応し、縦軸は波長を表す。第 1 の波長可変光フィルタ 41 のバンドギャップ BG_1 を波長 $\lambda_1 \sim \lambda_2$ の範囲とし、第 2 の波長可変光フィルタ 42 のバンドギャップ BG_2 を波長 $\lambda_3 \sim \lambda_4$ の範囲とする。なお、ここでは、 $\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3 < \lambda_4$ の関係が満たされている。レーザ光源 40 から出射したレーザビームのスペクトル S_0 は、バンドギャップ BG_1 に含まれる波長から、バンドギャップ BG_2 に含まれる波長まで広がっている。

【0067】

波長 $\lambda_1 \sim \lambda_2$ の範囲の光は第 1 の波長可変光フィルタ 41 を透過できないため、第 1 の波長可変光フィルタ 41 から出射したレーザビームのスペクトル S_1 は、波長 $\lambda_2 \sim \lambda_4$ の範囲に狭められる。同様に、第 2 の波長可変光フィルタ 42 から出射したレーザビームのスペクトル S_2 は、波長 $\lambda_2 \sim \lambda_3$ の範囲に狭められる。

【0068】

第 1 及び第 2 の波長可変光フィルタ 41 及び 42 に印加される電圧を変えると、バンドギャップ BG_1 の上限波長 λ_2 及びバンドギャップ BG_2 の下限波長 λ_3 が変化する。このため、第 2 の波長可変光フィルタ 42 から出射されるレーザビームの波長が変化する。このように、レーザ光源 40、第 1 の波長可変光フィルタ

41、及び第2の波長可変光フィルタ42を組み合わせることにより、波長可変光源が得られる。

【0069】

また、第1の波長可変光フィルタ41と第2の波長可変光フィルタ42とを組み合わせることにより、波長可変光バンドパスフィルタが得られる。この波長可変光バンドパスフィルタにより、例えばWDM通信方式の異なる波長の光信号から、任意の1つの光信号を取り出して監視することができる。

【0070】

また、波長可変光バンドパスフィルタは、光挿入分岐多重（OADM：Optical Add/Drop Multiplexing）回路の実現に有用である。例えば、波長を連続的に変化させることができるため、限りある波長資源を有効利用することができる。また、需要に合わせて頻繁に拡張及び再構築が可能な光通信網を構築することが可能になる。

【0071】

第5の実施例による波長可変光源は、機械的な動作機構を含まないため、高速に波長を変えることができる。また、相互に発振波長の異なる複数のレーザ発振器を配置する場合に比べて、装置の小型化を図ることができる。

【0072】

以上実施例に沿って本発明を説明したが、本発明はこれらに制限されるものではない。例えば、種々の変更、改良、組み合わせ等が可能なことは当業者に自明であろう。

【0073】

上記実施例から、以下の付記に示された発明が導出される。

（付記1） 1次元または2次元方向に強誘電体材料からなる強誘電体部材が周期的に配置されたフォトリソニック結晶を含むコア層と、

前記コア層に電界を印加するための電極と
を有する光機能素子。

【0074】

（付記2） 前記コア層内の前記強誘電体部材の分極軸が厚さ方向に立ってい

る付記 1 に記載の光機能素子。

(付記 3) さらに、前記コア層を挟むように、該コア層の両側に配置され、該コア層の有効屈折率よりも小さな有効屈折率のクラッド層を有する付記 1 または 2 に記載の光機能素子。

【 0 0 7 5 】

(付記 4) 前記クラッド層が、相互に屈折率の異なる領域が周期的に配置された周期構造を有する付記 3 に記載の光機能素子。

(付記 5) 前記クラッド層が、1 次元または 2 次元方向に強誘電体材料からなる強誘電体部材が周期的に配置されたフォトリック結晶を含む付記 3 に記載の光機能素子。

【 0 0 7 6 】

(付記 6) 前記コア層の強誘電体部材と前記クラッド層の強誘電体部材とが、同一の強誘電体材料で形成され、かつ両者が結晶構造的に一体である付記 5 に記載の光機能素子。

【 0 0 7 7 】

(付記 7) さらに、前記クラッド層及びコア層の強誘電体部材の間に充填された充填材を有し、

前記コア層内の充填材の屈折率が、前記クラッド層内の充填材の屈折率よりも高い付記 6 に記載の光機能素子。

【 0 0 7 8 】

(付記 8) 前記コア層内の強誘電体部材の屈折率が、前記クラッド層内の強誘電体部材の屈折率よりも大きい付記 5 に記載の光機能素子。

(付記 9) さらに、前記クラッド層及びコア層の強誘電体部材の間に充填された充填材を有し、前記クラッド層内の充填材と、前記コア層内の充填材とが同一の材料である付記 8 に記載の光機能素子。

【 0 0 7 9 】

(付記 1 0) 前記コア層内の強誘電体部材と前記クラッド層内の強誘電体部材とが、相互に異なる強誘電体材料で形成されており、

さらに、前記クラッド層及びコア層の強誘電体部材の間に充填された充填材を

有し、前記クラッド層内の充填材と、前記コア層内の充填材とが、相互に異なる材料で形成されている付記 5 に記載の光機能素子。

【0 0 8 0】

(付記 1 1) 第 1 の光フィルタと、

前記第 1 の光フィルタを透過したレーザビームが入射する第 2 の光フィルタとを有し、

前記第 1 の光フィルタ及び第 2 の光フィルタの各々は、

1 次元または 2 次元方向に、強誘電体材料からなる強誘電体部材が周期的に配置されたフォトリソニック結晶を含むコア層と、

前記コア層に電界を印加する電極とを含み、

前記第 1 及び第 2 の光フィルタのフォトリソニック結晶のバンドギャップが、ある波長間隔を隔てて相互に離れている波長可変光フィルタ。

【0 0 8 1】

(付記 1 2) 前記第 1 の光フィルタの強誘電体部材の配列周期と、前記第 2 の光フィルタの強誘電体部材の配列周期とが相互に異なる付記 1 1 に記載の波長可変光フィルタ。

【0 0 8 2】

(付記 1 3) 第 1 の波長から第 2 の波長までの範囲内に波長が分布するレーザビームを出射するレーザ発振器と、

前記レーザ発振器から出射されたレーザビームが入射する第 1 の光フィルタと、

前記第 1 の光フィルタを透過したレーザビームが入射する第 2 の光フィルタとを有し、

前記第 1 の光フィルタ及び第 2 の光フィルタの各々は、

1 次元または 2 次元方向に強誘電体材料からなる強誘電体部材が周期的に配置されたフォトリソニック結晶を含むコア層と、

前記コア層に電界を印加する電極とを含み、

前記第 1 及び第 2 の光フィルタのフォトニック結晶のバンドギャップが、前記第 1 の波長から第 2 の波長までの範囲と部分的に重なり、相互にある波長間隔を隔てて離れている波長可変光源。

【 0 0 8 3 】

(付記 1 4) 前記第 1 の光フィルタの強誘電体部材の配列周期と、前記第 2 の光フィルタの強誘電体部材の配列周期とが相互に異なる付記 1 3 に記載の波長可変光源。

【 0 0 8 4 】

(付記 1 5) 1 次元または 2 次元方向に周期的に配置された第 1 の部材、及び該第 1 の部材の間を埋める第 2 の部材を含み、フォトニック結晶を構成し、該第 1 の部材及び第 2 の部材の少なくとも一方は、電界の発生により屈折率を変化させる性質を有する材料で形成されているコア層と、

前記コア層に電界を印加するための電極と
を有する光機能素子。

【 0 0 8 5 】

(付記 1 6) さらに、前記コア層を挟むように、該コア層の両側に配置され、該コア層の有効屈折率よりも小さな有効屈折率のクラッド層を有する付記 1 5 に記載の光機能素子。

【 0 0 8 6 】

(付記 1 7) 第 1 の光フィルタと、
前記第 1 の光フィルタを透過したレーザビームが入射する第 2 の光フィルタと
を有し、

前記第 1 の光フィルタ及び第 2 の光フィルタの各々は、
1 次元または 2 次元方向に周期的に配置された第 1 の部材、及び該第 1 の部材の間を埋める充填材を含み、フォトニック結晶を構成し、該第 1 の部材及び第 2 の部材の少なくとも一方は、電界の発生により屈折率を変化させる性質を有する材料で形成されているコア層と、

前記コア層に電界を印加するための電極と
を含み、

前記第 1 及び第 2 の光フィルタのフォトリソニック結晶のバンドギャップが、ある波長間隔を隔てて相互に離れている波長可変光フィルタ。

【 0 0 8 7 】

(付記 1 8) 前記第 1 の光フィルタの強誘電体部材の配列周期と、前記第 2 の光フィルタの強誘電体部材の配列周期とが相互に異なる付記 1 7 に記載の波長可変光フィルタ。

【 0 0 8 8 】

(付記 1 9) 第 1 の波長から第 2 の波長までの範囲内に波長が分布するレーザービームを出射するレーザー発振器と、

前記レーザー発振器から出射されたレーザービームが入射する第 1 の光フィルタと

、

前記第 1 の光フィルタを透過したレーザービームが入射する第 2 の光フィルタとを有し、

前記第 1 の光フィルタ及び第 2 の光フィルタの各々は、

1 次元または 2 次元方向に周期的に配置された第 1 の部材、及び該第 1 の部材の間を埋める充填材を含み、フォトリソニック結晶を構成し、該第 1 の部材及び第 2 の部材の少なくとも一方は、電界の発生により屈折率を変化させる性質を有する材料で形成されているコア層と、

前記コア層に電界を印加するための電極とを含み、

前記第 1 及び第 2 の光フィルタのフォトリソニック結晶のバンドギャップが、前記第 1 の波長から第 2 の波長までの範囲と部分的に重なり、相互にある波長間隔を隔てて離れている波長可変光源。

【 0 0 8 9 】

(付記 2 0) 前記第 1 の光フィルタの強誘電体部材の配列周期と、前記第 2 の光フィルタの強誘電体部材の配列周期とが相互に異なる付記 1 9 に記載の波長可変光源。

【 0 0 9 0 】

(付記 2 1) 基板の上にレジスト膜を形成する工程と、

前記レジスト膜に、1次元または2次元方向に周期的に配列した開口を形成する工程と、

前記開口内に、強誘電体材料の前駆体溶液を充填し、乾燥させて前駆体を形成する工程と、

前記レジスト膜を除去する工程と、

前記前駆体を焼成して、強誘電体部材を形成する工程と
を有する強誘電体部材の製造方法。

【0091】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、透過波長を高速に変えることが可能な光機能素子が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 第1の実施例による光機能素子の断面図である。

【図2】 第1の実施例による光機能素子の製造方法を説明するための製造途中の素子の断面図である。

【図3】 第1の実施例による光機能素子のフォトリソグラフィ結晶を構成する強誘電体柱のSEM写真である。

【図4】 PLZTの屈折率及び誘電率の変化量と、印加電圧との関係を示すグラフである。

【図5】 第1の実施例による光機能素子のフォトリソグラフィ結晶のフォトリソグラフィバンド構造を示すグラフである。

【図6】 第2の実施例による光機能素子の断面図である。

【図7】 第2の実施例による光機能素子の製造方法を説明するための製造途中の素子の断面図（その1）である。

【図8】 第2の実施例による光機能素子の製造方法を説明するための製造途中の素子の断面図（その2）である。

【図9】 第3の実施例による光機能素子の断面図である。

【図10】 第3の実施例による光機能素子の製造方法を説明するための製造途中の素子の断面図である。

【図 1 1】 第 4 の実施例による光機能素子の断面図である。

【図 1 2】 第 4 の実施例による光機能素子の製造方法を説明するための製造途中の素子の断面図である。

【図 1 3】 第 5 の実施例による波長可変光源の斜視図及び平断面図である。

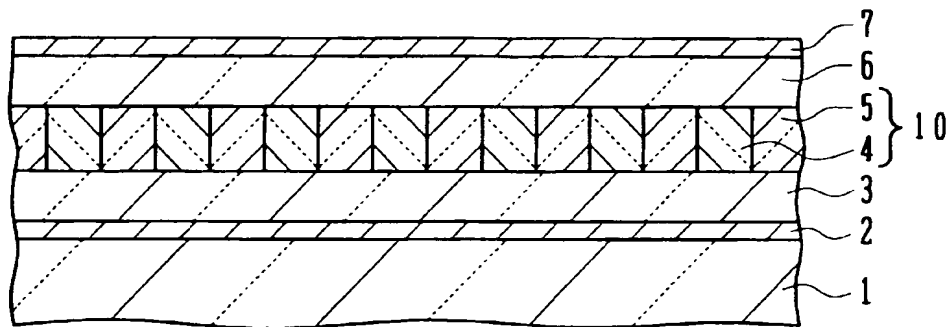
【符号の説明】

- 1 基板
- 2 下部電極
- 3 下部クラッド層
- 4、1 1 強誘電体柱
- 5 充填材
- 6 上部クラッド層
- 7 上部電極
- 1 0 コア層
- 1 2、1 3、1 4、3 6、3 7、3 8 充填材
- 2 0、2 1、3 0 レジストパターン
- 2 2、3 2 下部クラッド材
- 2 3、3 3 強誘電体部材
- 2 4、3 4 上部クラッド部材
- 2 5、3 5 円柱状部材
- 2 6 P t 膜
- 4 0 レーザ光源
- 4 1、4 2 波長可変光フィルタ

【書類名】 図面

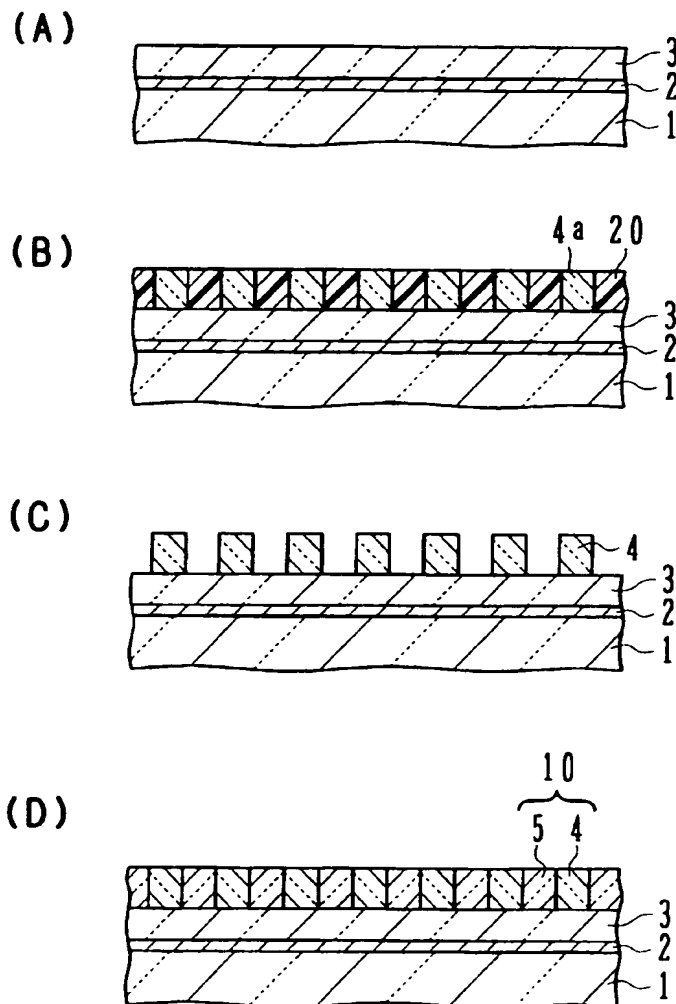
【図 1】

第 1 の実施例

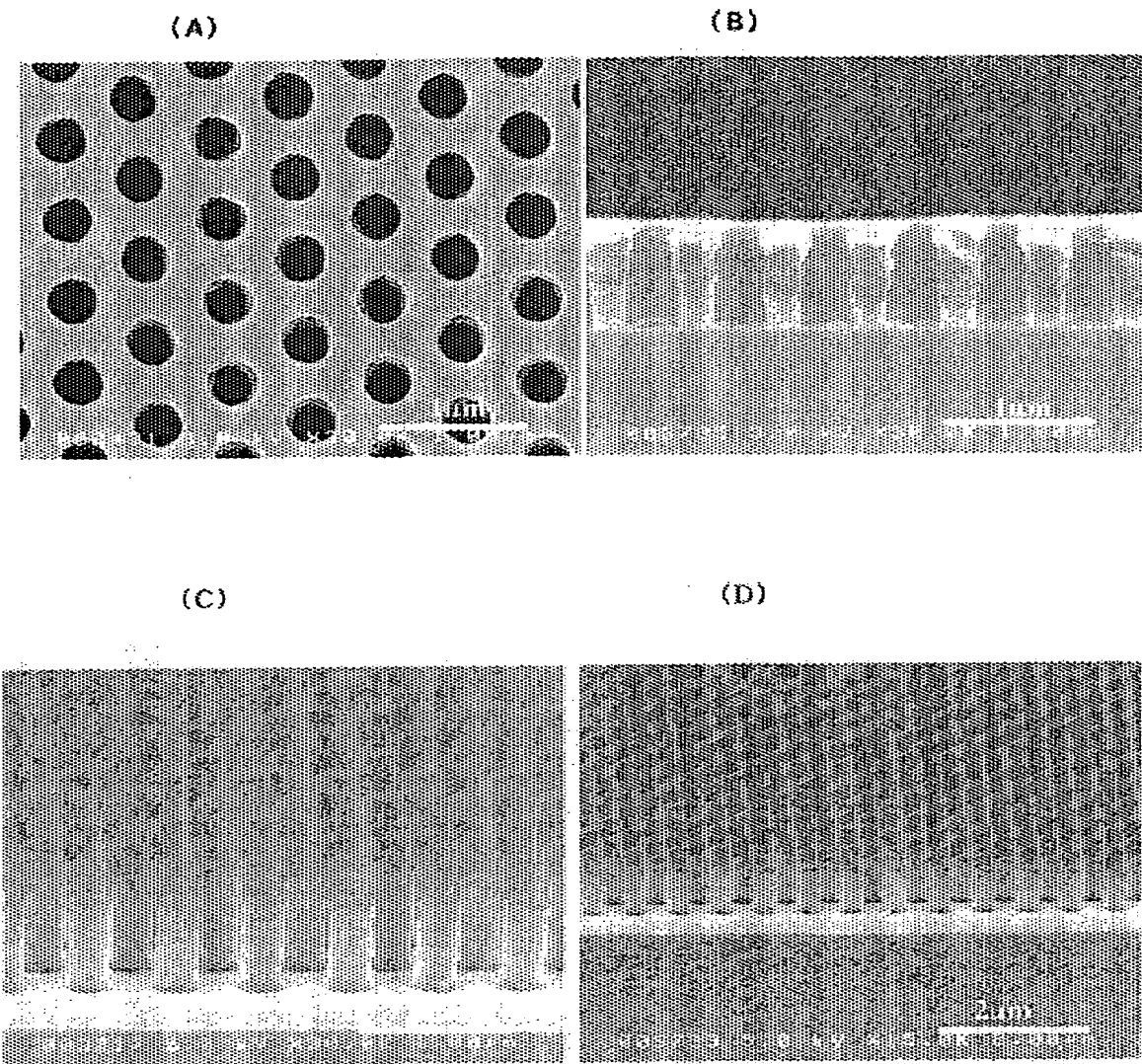


【図 2】

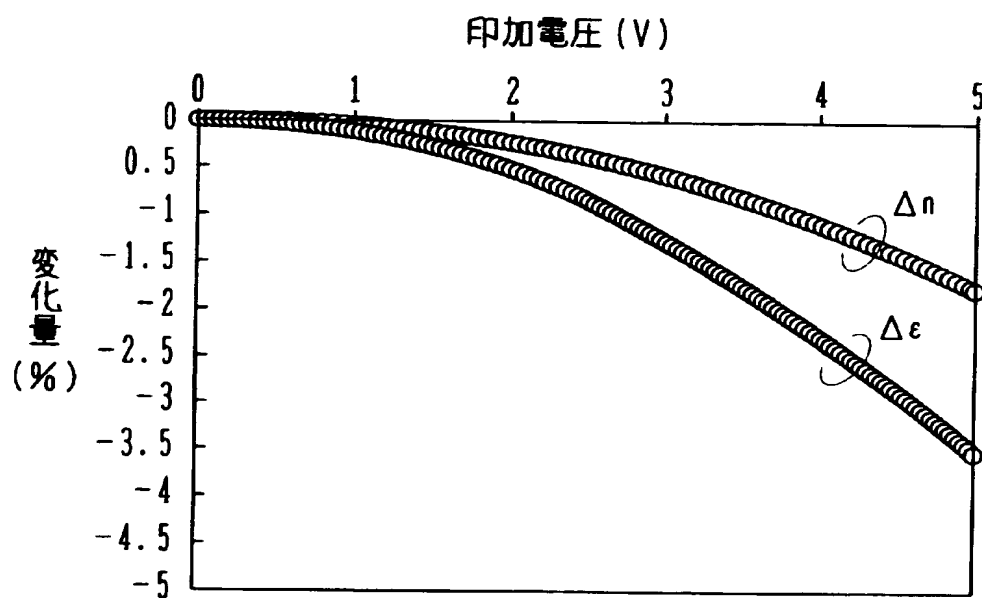
第 1 の実施例



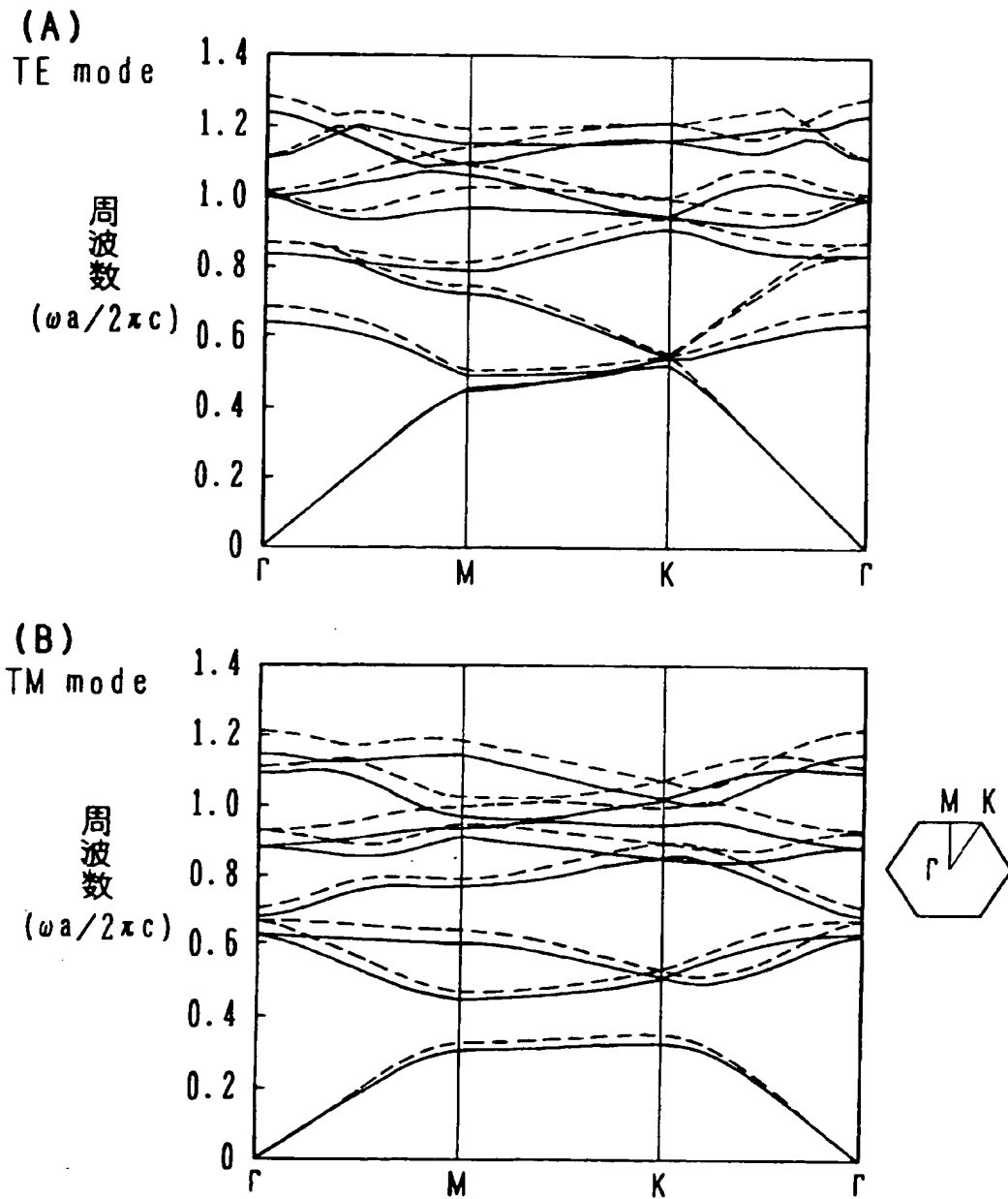
【図 3】



【図 4】

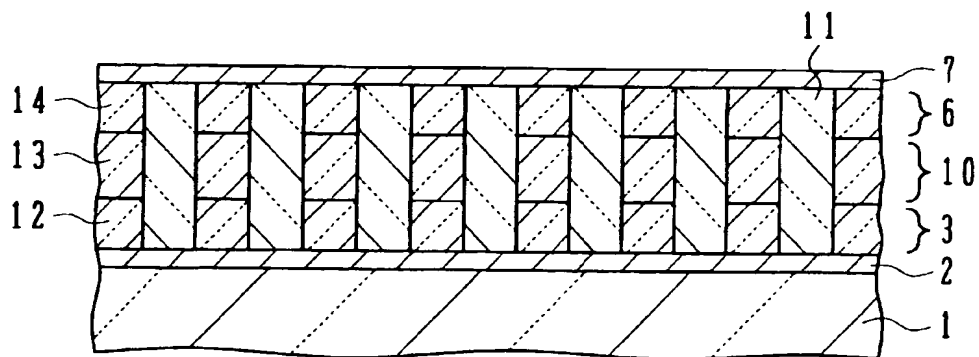


【図 5】



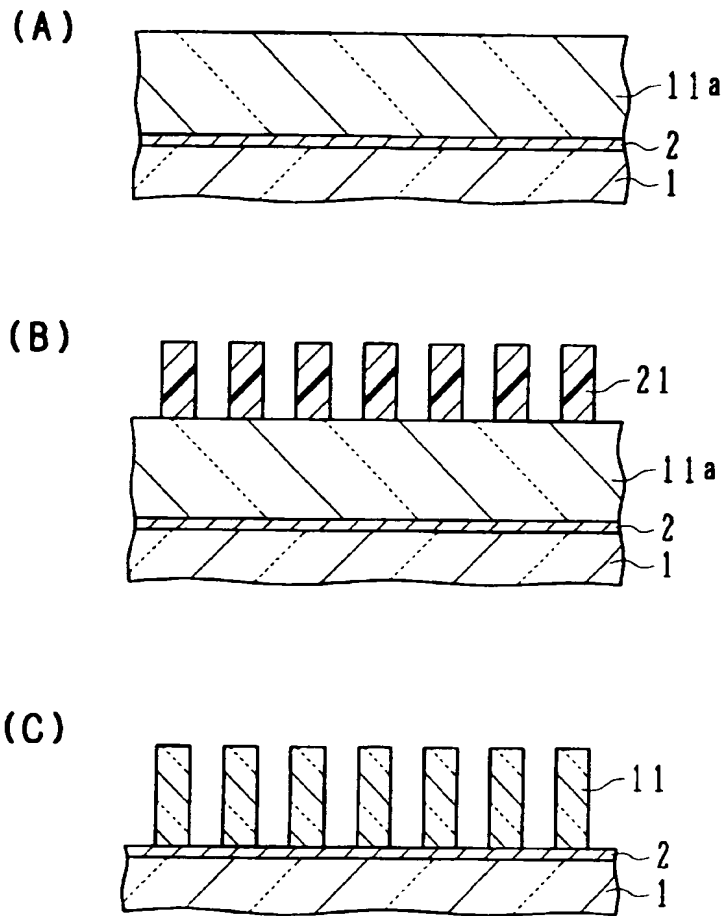
【図 6】

第 2 の実施例



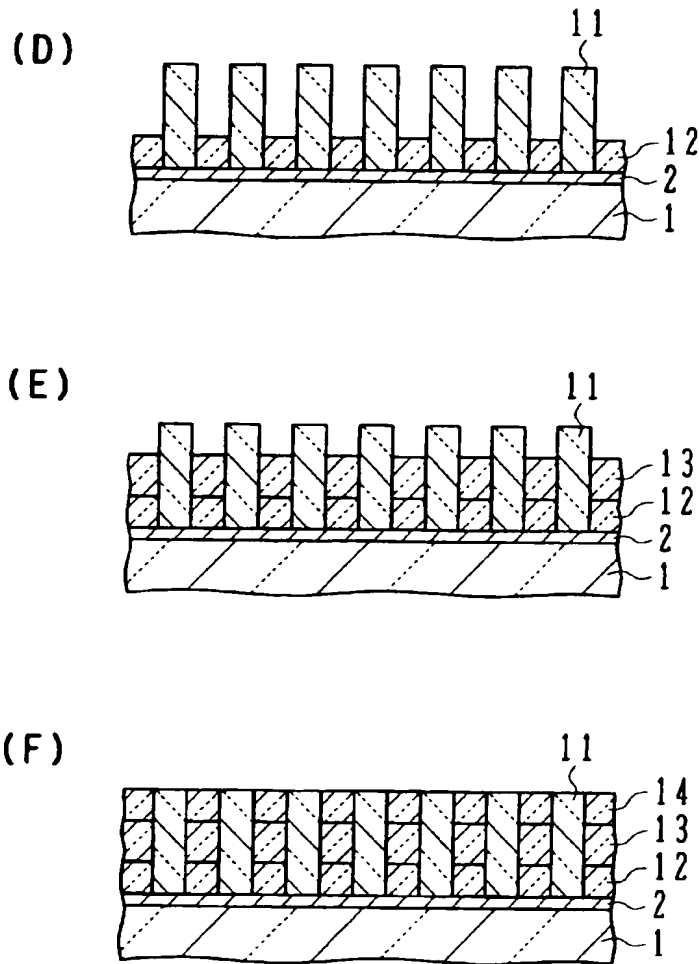
【図 7】

第 2 の実施例



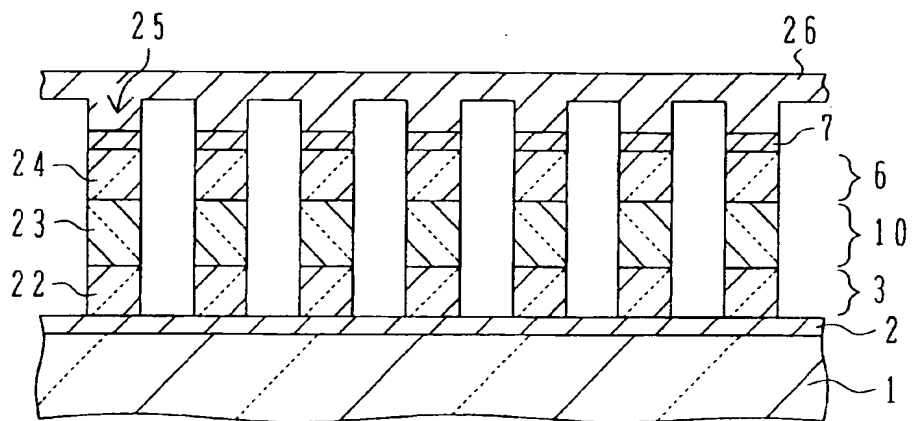
【図 8】

第 2 の実施例



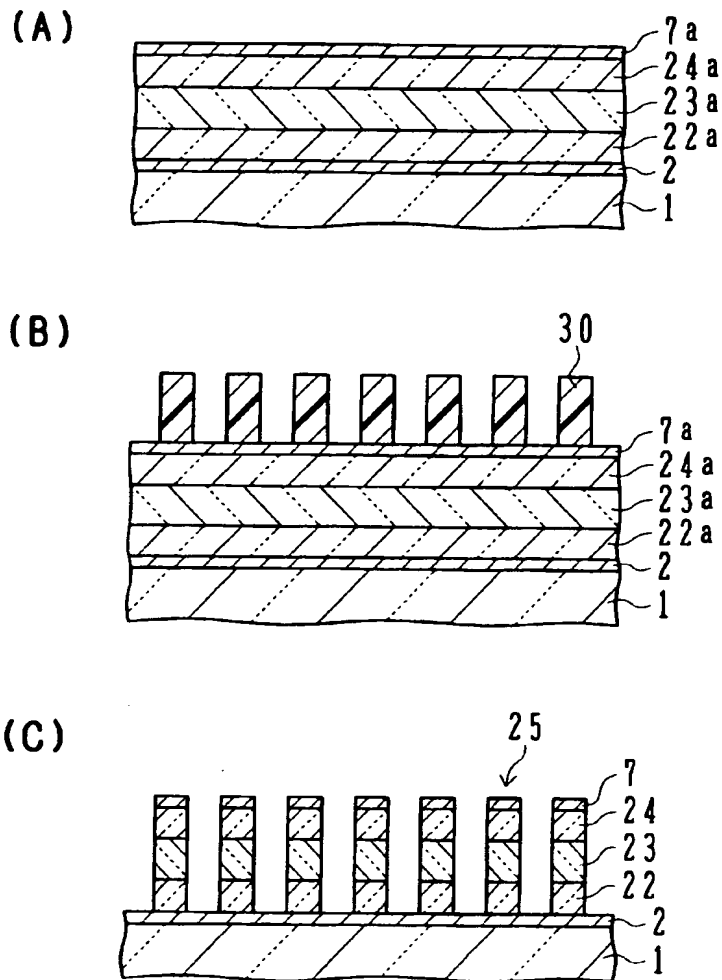
【図 9】

第 3 の実施例



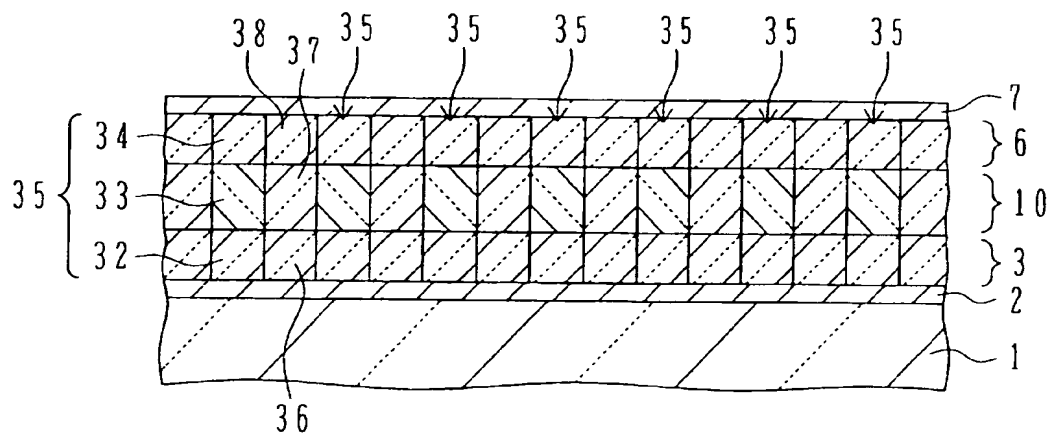
【図 10】

第 3 の実施例



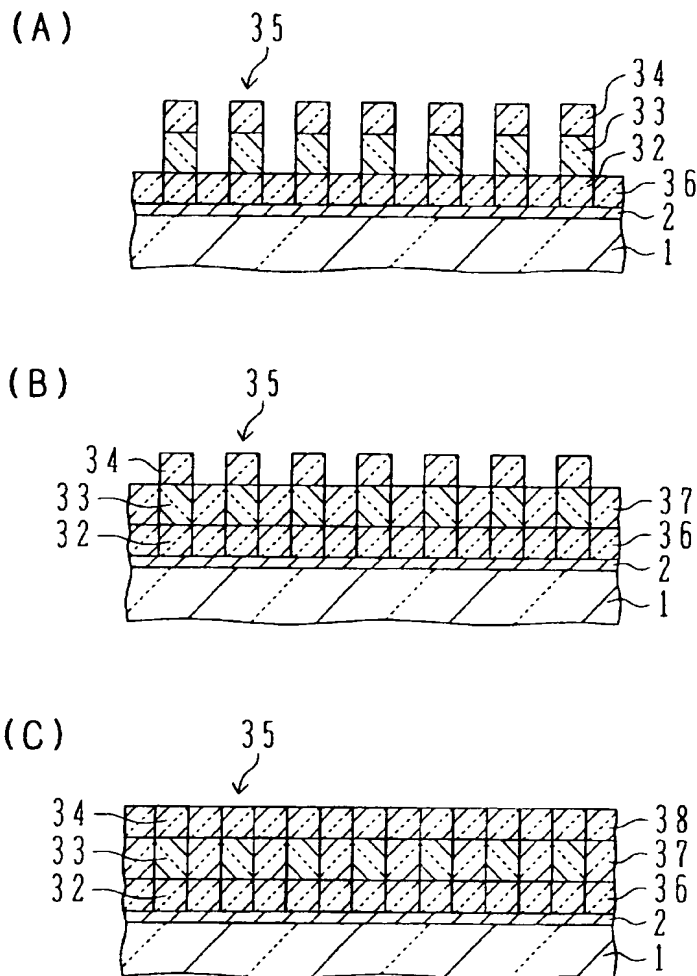
【図 1 1】

第 4 の実施例



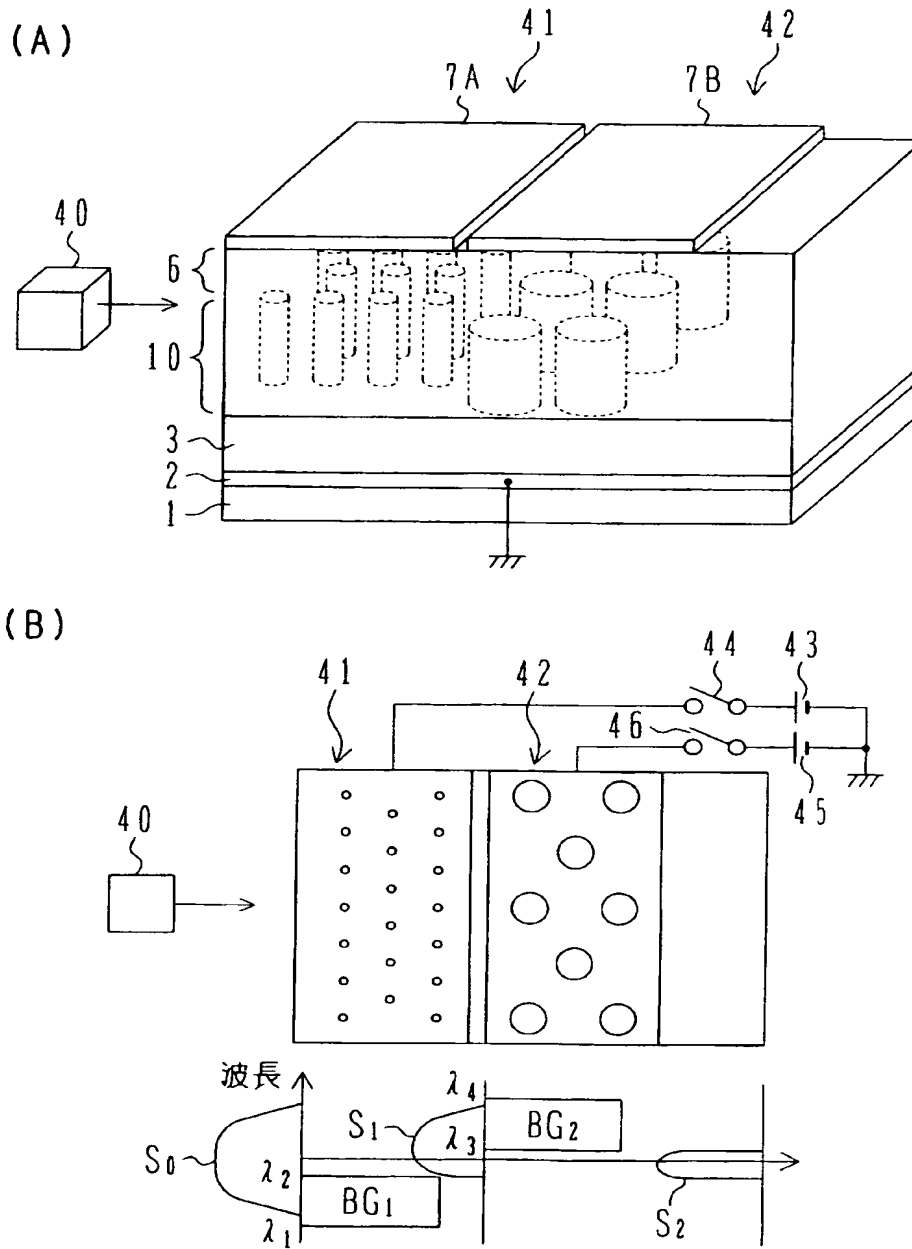
【図 1 2】

第 4 の実施例



【図 13】

第 5 の実施例



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 小型化及び波長選択の高速化を図ることが可能な光機能素子を提供する。

【解決手段】 コア層（10）が、1次元または2次元方向に強誘電体材料からなる強誘電体部材（4）が周期的に配置されたフォトニック結晶を含む。電極（2、7）が、コア層に電界を印加する。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 0 7 7 7 5 0
受付番号	5 0 3 0 0 4 6 0 0 6 0
書類名	特許願
担当官	小松 清 1 9 0 5
作成日	平成 1 5 年 6 月 2 5 日

< 認定情報・付加情報 >

【手数料の表示】

【納付金額】	10,500円
--------	---------

次頁無

特願 2 0 0 3 - 0 7 7 7 5 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 2 2 3]

1. 変更年月日

1 9 9 6 年 3 月 2 6 日

[変更理由]

住所変更

住 所

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号

氏 名

富士通株式会社

特願 2 0 0 3 - 0 7 7 7 5 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[3 9 1 0 1 2 3 2 7]

1 . 変更年月日

1 9 9 1 年 1 月 2 2 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都文京区本郷 7 丁目 3 番 1 号

氏 名

東京大学長